

Physikertagung in München

PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT IN BAYERN

Am 6. und 7. Juni 1953 fand in München im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule die Sommertagung der Physikalischen Gesellschaft in Bayern statt. Die wissenschaftlichen Sitzungen waren von durchschnittlich 200 Teilnehmern besucht. Wir trafen uns mit den auswärtigen Gästen schon am Abend des 5. Juni im „Chinesischen Turm“ und fuhren nach den zwei großen Sitzungen am Samstag ins Isartal nach Grünwald, wo, begünstigt von herrlichem Sommerwetter, ungefähr 150 Teilnehmer sich von den Anstrengungen des Tages erholten. Für die Experimentalphysiker war es ein besonderer Anreiz, auf der nahe gelegenen Festwiese im russischen Rad und der Schiffsschaukel die Gesetze der Mechanik am eigenen Leibe zu studieren.

In einer Mitgliederversammlung am Sonntagvormittag wählten wir bereits den neuen Vorstand für das kommende Geschäftsjahr. Über die Fachsitzungen berichtet die anschließende Zusammenstellung.

W. Rollwagen, München

SAMSTAG, DER 6. Juni 1953

Vormittags

Zusammenfassende Vorträge

Sitzungsleiter: W. Gerlach (München)

E. Spenke (Pretzfeld): Die physikalische Wirkungsweise von Kristallgleichrichtern und Transistoren.

Teil I: Kristallgleichrichter. — Der Leitungsmechanismus in elektronischen Halbleitern. — Die Wirkungsweise von p-n-Gleichrichtern. — Der

p-n-Übergang mit geringer Rekombination. — Die Wirkungsweise von Spitzenkontakten.

Teil II: Transistoren. — Das Telegraphenrelais als Prototyp einer Vorrichtung zum Verstärken elektrischer Signale. — Trägerinjektion in einen Ohm'schen Leiter (Fadentransistor). — Trägerinjektion in einen p-n-Übergang (n-p-n-Transistor). — Trägerinjektion in einen Spitzenkontakt (Spitzen transistor). — Steuerung der „geometrischen“ Abmessungen eines Ohm'schen Leiters (Unipolar transistor).

H. Welker (Erlangen): Über neue halbleitende Verbindungen.

Es wurde dargelegt, inwiefern die halbleitenden Elemente der 4. Gruppe des Periodischen Systems (Diamant, Si, Ge, graues Sn) durch Verbindungen der Form $A^{III}BV$ nachgebildet werden können, wobei A^{III} ein Element der 3. Gruppe und BV ein Element der 5. Gruppe des periodischen Systems ist. Die Halbleiternatur der Verbindungen $A^{III}BV$ wird durch Leitfähigkeitsmessungen bei hohen und tiefen Temperaturen an verschiedenartigen Präparaten der Verbindungen InSb, GaSb und AlSb bewiesen. Diese Leitfähigkeitsmessungen bestätigen auch die theoretische Voraussage, daß die Verbindungen $A^{III}BV$ die Vorteile einer relativ großen Breite der verbotenen Zone, einer besonders hohen Elektronenbeweglichkeit und eines relativ niedrigen Schmelzpunktes vereinigen.

Insbesondere ergaben an InSb ausgeführte Messungen des Hall-Effektes und der Widerstandsänderung im Magnetfeld die extrem hohe Beweglichkeit von $41\,000\text{ cm}^2/\text{Vsec}$. Diese hohe Elektronenbeweglichkeit führt zu einer Widerstandsänderung im Magnetfeld von ganz ungewöhnlicher Größe, nämlich von 150 % bei 10 000 Gauß. Zur Demonstration dieser Widerstandsänderung wurde ein Versuch vorgeführt, in welchem einige kleine Glühlampen in Serie mit einem InSb-Stab an eine Wechselstromquelle angeschlossen sind. Wird der InSb-Stab in das Magnetfeld eines Permanentmagneten von etwa 8 000 Gauß gebracht, so erlöschen infolge der Zunahme des Widerstandes die Glühlampen.

Die Halbleiternatur der Körper AlSb, GaAs und InP wurde ferner durch den Gleichrichtereffekt bewiesen. Bei den Körpern AlSb und InP konnte auch der Transistoreffekt nachgewiesen werden.

Einzelvorträge

Sitzungsleiter: E. Spenke (Pretzfeld)

P. Brauer (Mosbach): Über Fremddionen in Ionenkristallen.

Eine Gittertheorie einfacher Störstellen in Ionenkristallen wird entwickelt. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, aus Erfahrungsmaterial an makroskopischen Kristallen (z. B. elastische Eigenschaften, Dielektrizitätskonstante und Ionenradien) und Erfahrungsmaterial an isolierten Atomen und Ionen (z. B. Ionisierungsarbeiten) Eigenschaften von Störstellen zu berechnen. Bisherige Ergebnisse: richtige Beschreibung bzw. richtige Voraussage der unterschiedlichen Wertigkeit der Seltenen Erden in den Erdalkalichalkogeniden, ferner richtige Beschreibung des unterschiedlichen Verhaltens von Alkalihalogenen gegenüber dem Versuch, Tl oder Mn einzubauen, wozu auch neues experimentelles Material beigebracht wird.

E. Kern (München): Oberflächenstrukturen beim Verdampfen von Alkalihalogenid-Einkristallen (mit Filmvorführung).

Beim Tempern von Alkalihalogenid-Einkristallen entstehen auf den Spaltflächen durch Verdampfen drei charakteristische Lamellenstrukturen. Ihnen gemeinsam ist der Aufbau aus terrassenförmig angeordneten Schichten, welche durch glatte (100)-Ebenen begrenzt werden und eine mittlere Höhe von 10^{-3} bis 10^{-4} mm haben. Der Unterschied der drei Oberflächenstrukturen beruht auf der Form der Schichtränder. Temperung bei tieferen Temperaturen (bis 720°C im Falle des KCl) liefert eine „rechtwinklige Lamellenstruktur“. Die Lamellenränder verlaufen streng parallel den (100)-Richtungen. In einem schmalen anschließenden Temperaturbereich (720 bis 740°C bei KCl) bildet sich eine „diagonale Übergangsstruktur“ aus. Sie ist nicht so klar ausgeprägt, doch haben die Lamellen deutlich eine vorwiegend in der (110)-Flächendiagonalen liegende Begrenzung. Bei Temperaturen in dem Bereich unterhalb des Schmelzpunktes (740 bis 770°C bei KCl) entsteht eine „kreisförmige Lamellenstruktur“. Die Lamellenränder sind Kreisbögen, und in dem flüssigkeitsähnlichen Schichtlinienbild ist keine Kristallrichtung mehr ausgezeichnet.

E. Scharowsky (Erlangen): Optische und elektrische Eigenschaften von ZnO-Kristallen mit Zn-Überschuß (Vorgetragen von E. Mollwo).

Nadelförmige ZnO-Kristalle, die durch Kondensation von ZnO-Dampf bei hohen Temperaturen entstehen, wurden in Zn-Dampf bis zu Temperaturen von 1220°C erhitzt. An den so vorbehandelten, gelbverfärbten Kristallen wurden Absorptions- und Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt und ihre Zusammenhänge mit der Verfärbungstemperatur untersucht. Im Temperaturgebiet zwischen 20 bis 250°C wurde ferner die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit gemessen. Die Ergebnisse zeigen analoges Verhalten wie bei den Halbleitern der 4. Gruppe des Periodischen Systems. Es können jedoch quantitative Angaben über die Konzentration der Störstellen (Zn-Atome) gemacht werden. Bei hohem Störstellengehalt sind alle Zn-Atome in Zn^{+} -Ionen und Elektronen dissoziiert.

H. Benda (München): Die Emissionsgrößen von Metallkapillar-Kathoden.

Bestimmt man die Emissionsgrößen von fremdstoffbedeckten Metallkathoden nach dem Verfahren der Richardson-Geraden, so findet man stets die Mengenkonstante viel kleiner als beim reinen Metall. Die Vermutung, daß eine Temperaturabhängigkeit der Austrittsarbeit diese Änderung vortäuscht, scheint durch unsere Messungen bestätigt zu werden. Es wurde der Anlaufstrom gemessen, der von einer geheizten Gegenelektrode auf die zu untersuchende Metall-Kapillar-Kathode floß. Die Auswertung ergibt die Mengenkonstante von mit Barium bedecktem Wolfram in der gleichen Größenordnung wie beim reinen Wolfram.

H. Baldus (München): Über den Einfluß einer Kathodenzerstäubung im Hochvakuum auf den Gleichrichtereffekt von Ge.

Wird mit einem Ge-Einkristall als Kathode eine Kathodenzerstäubung (Druck $< 5 \times 10^{-6}$ Torr, Feldstärke $> 2 \times 10^5$ V/cm) durchgeführt, so verliert der Kristall seine gleichrichtenden Eigenschaften. Eine einstündige Temperung bei 150°C unter Hochvakuum ändert an diesem Verhalten nichts, während nach einstündiger Erhitzung auf 150°C in einer Sauerstoff-

atmosphäre ein Richteffekt wieder in Erscheinung tritt. Auch nach Ätzungen tritt der Gleichrichtereffekt wieder auf. Ebenso läßt Lagerung von Kristallen an Luft bei Zimmertemperatur nach der Kathodenzerstäubung den Richteffekt allmählich wieder erkennen.

Nachmittags

Sitzungsleiter: W. Meissner (München)

B. Stuke (München): Über die Bildung von Wirbelringen.

Es werden Übergangszustände bei der Ausbildung von Wirbelringen gezeigt. Der Entstehungsvorgang wird diskutiert, ausgehend von der Bewegung von Flüssigkeitstropfen.

H. Schulz (Würzburg): Über die Richtwirkung der Diffusion beim Chemotropismus.

Pilzfäden, die in einer Agar-Agar-Schicht wachsen, welche ein Verwundungszentrum enthält, krümmen sich (unter dem Einfluß der von hier ausdiffundierenden Aminosäuren) diesem Zentrum zu (Chemotropismus). Die Möglichkeit einer solchen Richtwirkung, die sich nicht so einfach auf Schatteneffekte wie beim Phototropismus zurückführen läßt, wird nach der Diffusionstheorie untersucht. Das anfallende Problem (Wärmepol gegen Kreiszyylinder) erfordert jedoch besondere mathematische Mittel, da die übliche Methode der Reihenentwicklung wegen Konvergenzschwierigkeiten nicht gangbar ist. Die Lösung macht den Richteffekt qualitativ und quantitativ verständlich.

F. Engelmann (München): Eine einfache magnetische Waage und ein mit ihrer Hilfe untersuchtes magnetochemisches Problem.

Da zur Untersuchung der magnetischen Suszeptibilität von Stoffen bei tiefen Temperaturen, wie sie zur Bestimmung der Magnetonenzahl erforderlich ist, zur Vermeidung von Kondensationen die Meßanordnung in einer Vakuumkammer montiert werden muß, benötigt man hier zur Messung der magnetischen Kräfte eine Spezialwaage von geringen Abmessungen, die dennoch Wägungen mit einer Genauigkeit von 0,01 mg gestattet. Mit sehr einfachen Mitteln wurde eine solche Waage konstruiert, die nach dem Torsionsprinzip arbeitet und Lichtzeigerablesung besitzt. Die Kompensation der Kräfte auf die Probe erfolgt durch die Anziehung, die ein kleiner ferromagnetischer Massekern am Rand einer wechselstromdurchflossenen Spule erfährt. Mit Hilfe dieser Waage wurden die Suszeptibilitäten der neu dargestellten Verbindungen des Cyclopentadiens mit Übergangsmetallen gemessen. Aus den Ergebnissen konnte die Vermutung bestätigt werden, daß es sich hierbei um Durchdringungskomplexe handelt, wobei jeweils die 3II-Elektronen-Paare des aromatisierten (C_5H_5)-Restes koordinativ in die Schale der Übergangsmetallionen eintreten. Außerdem ergab sich, daß bei diesem Bindungstyp in der Schale des Zentralions über die Edelgaskonfiguration hinaus bis zu 2 Elektronen unpaarig stabil existieren können.

F. Fraunberger (München): Temperaturgang der Hochfrequenz-Permeabilität ferromagnetischer Stoffe.

Frühere Messungen des Vortragenden an Nickel und Befunde, die sich aus Ergebnissen von Weiss und Forrer ableiten lassen, führten zu dem

Schluß, daß die ferromagnetische Umwandlung eine Folge von Teilumwandlungen ist derart, daß

$$d^2\sigma/dT^2 = F(T)$$

im Curiegebiet mehrmals springt, am Anomalienpunkt mit Vorzeichenwechsel [Z. PHYS. 132, 212—220 (1952)]. Insbesondere wurde jetzt sicher gestellt, daß die Hochfrequenz-Permeabilität (10^6 bis 10^7 Hz) denselben Temperaturgang aufweist, wie der Temperaturgradient der Magnetisierung. Eisen, Kobalt, Fe-Ni-Legierungen und Heusler-Bronzen zeigen im Verhalten der HF-Permeabilität dasselbe Bild wie Nickel, was zu dem Schluß führt, daß der oben angedeutete Umwandlungscharakter als eine allgemeine Eigenschaft der Ferromagnetika, insbesondere der ferromagnetischen Elemente anzusehen ist.

H. Moser (München): Die Messung von Wasserströmungen mit Hilfe radioaktiver Isotope.

Es werden Methoden gezeigt, wie man mit Hilfe eines geeigneten Zusatzes eines radioaktiven Isotops (Jod 131) die Eigenschaften von Wasserströmungen ausmessen kann. Der Vorteil des Verfahrens gegenüber den bisher üblichen wie Salzung und Färbung liegt vor allem in der sehr geringen und farblosen Substanzmenge, die hierbei dem Wasser zugegeben werden muß. Durch chemische Extraktion des radioaktiven Materials wird die Empfindlichkeit so erhöht, daß auch Grundwasserströmungen und große offene Gerinne ausgemessen werden können.

E. Bauer (München): Orientierungserscheinungen an dünnen Aufdampfschichten.

Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Alkali- und Erdalkali-Fluorid-Aufdampfschichten lassen eine vom Bedampfungswinkel abhängige Struktur erkennen, die als Faserstruktur interpretiert wird. Diese wird durch Elektronenbeugung näher untersucht, wobei Einblick in das Wachstum der Schichten gewonnen wird.

M. Scheer (Würzburg): Untersuchungen des Polarisationsgrades der Röntgen-Bremsstrahlung einer dünnen Antikathode.

Es wurde der Polarisationsgrad im Spektrum der Röntgen-Bremsstrahlung einer dünnen Aluminium-Antikathode (280 Å) bei 34 keV Elektronenenergie untersucht. Die Untersuchung erfolgte nicht nach der bisher benutzten Barkla'schen Methode. Zur Polarisationsmessung wurde die Verteilung der Anfangsrichtungen der Photoelektronen aus der K-Schale des Argons in einer Nebelkammer herangezogen. Ihre Identifikation erfolgt durch den Auger-Effekt. Die Energiebestimmung der auslösenden Quanten ergibt sich aus der Reichweite der Photoelektronen im Kammergas der Nebelkammer (Wasserstoff mit einem kleinen Zusatz von Argon). Die Ergebnisse sind in befriedigender Übereinstimmung mit der Theorie von Sommerfeld und Elwert. Bisherige Untersuchungen hatten eine zu niedrige Polarisierung ergeben. Dies wird durch eine geringe Verfälschung der zu messenden Strahlung durch die in massiven Teilen der Röntgen-Röhre erzeugte Röntgen-Strahlung erklärt, die durch den Aufbau der jetzt benutzten Röntgen-Röhre vermieden wurde.

H. Amrehn (Würzburg): Energieverteilung im Röntgen-Bremsspektrum dünner Antikathoden.

Mit einem Proportionalzählrohr, bei dem durch den Einbau von Feldelektroden der Endeffekt beseitigt worden war, wurde unter 90° zum Elek-

tronenstrahl die Energieverteilung der Röntgen-Bremsstrahlung dünner Antikathoden (Metalle Al, Ni, Sn) und ihre Abhängigkeit von Ordnungszahl und Spannung genauer untersucht. Bei Aluminium ($Z = 13, 350 \text{ \AA}$) und Nickel ($Z = 28, 110 \text{ \AA}$) war kein wesentlicher Unterschied im Verlauf der Spektren beider Metalle zu finden. Der Intensitätsverlauf von der Grenzfrequenz ν_0 bis etwa $\nu_0/3$ kann gut durch den einfachen Ansatz $i_\nu = \text{const.}$ dargestellt werden, in guter Übereinstimmung mit der Sommerfeld'schen Theorie. Bei kleineren Frequenzen steigt die gemessene Intensität jedoch steiler an, als nach Sommerfeld zu erwarten wäre. Im Bremsspektrum von Zinn ($Z = 50, 55 \text{ \AA}$) tritt die durch die Abschirmung zu erwartende relative Abnahme der Intensität bei kleinen Quantenenergien auf. Der Intensitätsverlauf ist nicht mehr durch $i_\nu = \text{const.}$ darstellbar. Die Form des Spektrums ist unabhängig von den primären Elektronenenergien (25, 34 und 40 keV). Der schon von Kulenkampff [ANN. PHYS. 87, S. 597 (1928)] gemessene Isochromatenverlauf prop. $1/U$ ($U = \text{Röhrenspannung}$) konnte für Al und Ni bestätigt werden. Ferner ergab sich aus einem Intensitätsvergleich dieser beiden Metalle, daß die Gesamtintensität prop. Z^2 zunehmen muß. Ein Intensitätsvergleich mit Zinn war aus meßtechnischen Gründen nicht möglich.

H. Nigl (Erlangen): Verhalten der Energiebänder an der Übergangsstelle zwischen zwei verschiedenen periodischen Strukturen.

Wird einem ungestörten periodischen Potential ein sich örtlich nur langsam änderndes äußeres Potential überlagert, so pflegt man die von den stationären Zuständen gebildeten Energiebänder einfach dem Verlauf des Überlagerungspotentials anzuschmiegen. Dies ist jedoch nicht mehr zutreffend, wenn das überlagerte Potential etwa längs einer gewissen Gitterebene einen Sprung macht, was dem Aneinandergrenzen zweier verschiedener Gitter gleichkommt. Es wurde deshalb allgemein das Verhalten der Energiebänder an der Grenze zwischen zwei beliebig verschiedenen periodischen Strukturen zunächst an einem eindimensionalen Modell untersucht. Dazu wurden die Lösungen der zugehörigen Schrödinger-Gleichung durch stetiges Zusammenfügen der jeweils entsprechenden beiden Halbgitter-Lösungen aufgebaut. Die Form dieser Halbgitter-Lösungen an den Bandrändern führt in jedem Halbgitter zur Unterscheidung zweier grundsätzlich verschiedener Arten von Energiebändern. Diese wurden mit A-Bänder und A'-Bänder bezeichnet, weil für die beiden Ränder jedes A-Bandes der Funktionswert, für die beiden Ränder jedes A'-Bandes die Ableitung der betreffenden Wellenfunktionen an der gemeinsamen Grenze verschwindet. Das Verhalten der Energiebänder an der Übergangsstelle erweist sich dann abhängig von der Art der jeweils sich dort gegenüberstehenden Bänder. In der üblichen graphischen Darstellung läßt sich das Verhalten der Bänder kurz etwa so beschreiben: Gleichartige Bänder haben die Tendenz, miteinander zu verschmelzen; ungleichartige Bänder stoßen sich gegenseitig ab. Werden zwei gleichartige Bänder durch eine, in beiden Halbgittern verbotene Zone getrennt, so äußert sich die Verschmelzungstendenz dieser Bänder darin, daß zwischen ihnen ein diskreter stationärer Zustand auftritt, dessen räumliche Ausdehnung aber stets auf die Umgebung der Übergangsstelle beschränkt ist.

A. Florian, P. Urban und K. Wildermuth (München): Die höher angeregten Zustände leichter Atomkerne. (Vorgetragen von K. Wildermuth).

Das Schalenmodell gestattet es, nach einer Arbeit von R. Schulten, die Grundzustände und die nieder angeregten Zustände leichter Kerne einigermaßen quantitativ zu berechnen (die Außenteilchen werden in keine höhere Schale gehoben). Es taucht nun die Frage auf, kann man auch die Energie von höher angeregten Zuständen von Kernen berechnen, bei denen die Außenteilchen in eine höhere Schale gehoben werden. Durch Vergleich des Grundzustandes von $^{16}\text{N}_7$ sowie des Grundzustandes und des ersten angeregten Zustandes von $^{16}\text{O}_8$ sieht man, daß auch die Energien dieser Zustände in grober Näherung berechnet werden können. Die genaueren Rechnungen hierzu werden zur Zeit zu Ende geführt.

F. Bopp (München): Bose-Teilchen und Ausschließungsprinzip.

Anknüpfend an die Möglichkeit, die Verteilungsfunktionen von Bose-Einstein und Fermi-Dirac mittels der Boltzmann'schen Abzählungsmethode zu gewinnen (A. Sommerfeld, Vorlesungen über Theoretische Physik, Band V, Aufgabe IV, 7) werden Vernichtungsoperatoren und Erzeugungsoperatoren vom Typus für Teilchen mit Ausschließungsprinzip (Pauli-Operatoren) a_z , a_z^\dagger eingeführt, welche die Vernichtung oder Erzeugung von z-Teilchen in einem Punkt beschreiben. Auf folgende Sätze wird hingewiesen:

1. Sind a_z und a_z^\dagger Operatoren vom Pauli-Typ, so sind

$$u = \sum_{z=0}^{\infty} \sqrt{z+1} a_z^\dagger a_{z+1} \quad ; \quad u^\dagger = \sum_{z=0}^{\infty} \sqrt{z+1} a_{z+1}^\dagger a_z$$

Vernichtungs- und Erzeugungsoperatoren für Bose-Teilchen.

2. Beliebige Hamilton-Funktionen von u und u^\dagger lassen sich als Bilinearformen von a_z und a_z^\dagger darstellen und umgekehrt.

Danach läßt sich die Quantentheorie der Elementarteilchen auf lauter gleichartige Operatoren zurückführen, die sich nur darin unterscheiden, daß sie auf verschiedene Punkte in der Raum-Zeit bezogen sind und verschiedenartige Elementarteilchen entstehen oder vergehen lassen.

H. Haken (Erlangen): Zur Wechselwirkung eines Elektrons mit Gitteroszillatoren.

Auf der Bayerischen Tagung in Würzburg 1952 [PHYS. VERH. 3, 90 (1952)] wurde über ein Modell berichtet, das eine exakte Lösung des Problems der Wechselwirkung zwischen einem Elektron und einem Gitteroszillator zuläßt. Anhand dieses Modells, das inzwischen auch auf mehrere Gitteroszillatoren ausgedehnt wurde, wird in einigen Beispielen gezeigt, daß eine Art Bänderstruktur auftritt. Diese Struktur wird näher diskutiert, wobei besonders auch auf den Einfluß des Potentials des ruhenden Gitters auf die

Form der Energiekurven eingegangen wird. Ein Vergleich mit den bisher im ruhenden Gitter benutzten Bändern zeigt, daß diese unter dem Einfluß der Gitterschwingungen in viele Teilbereiche zersplittern. Die Ergebnisse werden mit denen der Störungsrechnung verglichen.

Die Form der Lösung zeigt, daß ganz analoge Gesetze wie für das Elektron im ruhenden Gitter gelten, wenn man als Energiegröße die Energie des Gesamtsystems nimmt.

A. Ganßen (München): Eine neue Methode zur Bestimmung der Kernspin-Gitter-Relaxationszeit von flüssigen Stoffen.

Unter Benutzung der Bloch'schen Kerninduktionsmethode wurde die Resonanzamplitude an strömenden Flüssigkeiten in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit und damit in Abhängigkeit von der Einwirkungszeit des Magnetfeldes untersucht. Sie erwies sich in Übereinstimmung mit der Bloch'schen Theorie als Exponentialfunktion der Einwirkungszeit, sodaß die Relaxationszeit ermittelt werden konnte.

E. Zeitler (Würzburg): Untersuchungen an der harten Sekundärstrahlung der kosmischen Strahlung.

Die Untersuchungen von H. Maass [ANN. PHYS. 27, 507 (1936)], die ein zweites Maximum der Übergangskurve der kosmischen Strahlung ergaben, wurden unter neuen Gesichtspunkten wieder aufgegriffen. Die Ergebnisse zeigen, daß das Auftreten des Maximums bei 16 cm Blei durch Doppelteilchen zu erklären ist, die von ionisierenden Teilchen der harten Komponente im Sekundärstrahler ausgelöst werden. Das Ziel der Arbeit war eine Klärung der Prozesse, die das Maass'sche Maximum hervorrufen; für nähere Untersuchungen über Entstehung und Eigenschaften der harten Schauer jedoch erscheint die benutzte Apparatur wenig geeignet.

Sitzungsleiter: F. Trendelenburg (Erlangen)

R. Decher (Würzburg): Ionisationsmessungen an 5-MeV-Elektronen.

An der 5 MeV-Elektronenschleuder der Siemens-Reiniger-Werke wurde die spezifische Ionisation von schnellen Elektronen in Luft gemessen. Die Messung der totalen spezifischen Ionisation erfolgte mit Ionisationskammer und Faraday-Käfig. Umgerechnet auf Normalbedingungen ergab sich ein Wert von 62,5 Ionenpaaren pro cm bei einer Elektronenenergie von 4,8 MeV. Die Theorie, die exakt allerdings nur für Wasserstoffatome gilt, liefert für Luft bei dieser Energie einen angenäherten Wert von 73; bisherige Nebelkammeruntersuchungen ergaben einen Wert um 50. Die primäre spezifische Ionisation wurde mit der Nebelkammer bestimmt. Unter Berücksichtigung verschiedener Korrekturen und umgerechnet auf Normalbedingungen lieferten diese Messungen 25 Ionenpaare pro cm, ebenfalls bei 4,8 MeV Elektronenenergie. Das Verhältnis totale Ionisation zu primärer Ionisation beträgt damit 2,5.

H. Fetz (Würzburg): Statistische Stromschwankungen von elektrischen Gasentladungen und ihre Beziehung zum Entladungsmechanismus.

Elektrische Entladungen zeigen genau so wie reine Elektronenströmungen statistisch bedingte Schwankungen der Stromstärke, meist allerdings in

einem erheblich verstärkten Ausmaß. Bei selbständigen Entladungen kommt als Besonderheit hinzu, daß unterhalb einer bestimmten kleinsten Stromstärke die Entladung spontan erlischt, verursacht durch völliges Aussterben der Elektronenlawinen nach statistischen Gesetzen. Dieser Vorgang des Aussterbens, dem die Ionenraumladung kompensierend entgegenwirkt, erstreckt sich meist über eine größere Anzahl von Lawinengenerationen. Die entsprechenden statistischen Gesetzmäßigkeiten werden entwickelt und mit ihrer Hilfe und aus Messungen an der Koronaentladung zwischen konzentrischen Zylindern werden physikalische Erkenntnisse über den Entladungsmechanismus abgeleitet.

H. Ewald (München): Über weitere massenspektrographische Dublettmessungen.

Es wird über Neubestimmungen der Isotopenmassen von ^{13}C , ^{35}Cl und ^{37}Cl berichtet. Der Massenspektrograph wurde für diese und weitere Messungen wesentlich vervollkommen durch den Bau einer photoelektrischen Magnetstrom-Konstanthaltung (relative Konstanz 3×10^{-6}) und durch Hinzufügung einer Elektronenstoß-Ionenquelle zur Erfassung der überwiegenden Anzahl der Elemente, die nicht in hinreichend verdampfbarer Form in die Kanalstrahlröhre eingebracht werden können. Eine dafür benötigte automatische Regelung der Beschleunigungsspannung ist im Entstehen. Durch Anbringung zweier kleiner gekreuzter Plattenkondensatoren zwischen Kanal und Spalt wird verbesserte Ausleuchtung des Spalts erzielt.

H. Friedmann (München): Experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeitsverteilung von thermisch emittierten Elektronen.

Mit einem hoch auflösenden Spektrographen mit magnetischem Sektorfeld als Dispersionselement wird für thermisch emittierte Elektronen die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung bestätigt. Darüberhinaus konnte gezeigt werden, daß bei Dreielektrodensystemen (Wehnelt-Zylinder) Änderungen der Maxwell-Verteilung auftreten. Nachdem sich also bei den gegebenen Laufzeiten und Stromdichten der Elektronen im Strahl noch keine neue Gleichgewichtsverteilung eingestellt hat, ist damit grundsätzlich ein Weg offen, die auf die Geschwindigkeitsverteilung einwirkenden Vorgänge an der Grenzfläche von denen zu trennen, die durch die Wechselwirkung im Strahl auftreten. Wir konnten z. B. feststellen, daß bei Feldern von 8000 V/cm die Abweichungen von der Maxwell-Verteilung im Einklang mit den theoretisch zu erwartenden Werten sind.

W. Baldus (München): Dielektrische Eigenschaften von Naphthalin-Elektreten.

Auch nichtpolare Substanzen, wie Naphthalin, zeigen in gut reproduzierbarer Weise die charakteristische Umkehr von Heteroladung in weitgehend permanente Homoladung. Von bestimmendem Einfluß auf Erscheinen und Größe der Homoladung erweist sich die Verwendung von verschiedenen, auch nichtmetallischen Elektrodenmaterialien, welche Ladungsträger in den Elektreten liefern. Um Vergleiche zu ermöglichen, muß während des ganzen Polarisierungsvorganges, der in einem homogenen Feld vorgenommen wird, am Dielektrikum in den verschiedenen Fällen dieselbe Feldstärke, unabhängig von Temperatur und Elektrodenart, wirksam sein. Das innere Feld des Elektreten unmittelbar nach seiner Herstellung wie auch zum Zeitpunkt maximaler Homoladung wird quantitativ bestimmt, wobei sich der Vorzeichenwechsel durch das Verschwinden eines anfänglich von gebildeten und ausgerichteten Dipolen hervorgerufenen Feldanteils erklärt. Ferner wird die Raumladungsverteilung im Innern des Elektreten ermittelt.

G. Heiland (Erlangen): Röhrengalvanometer mit logarithmischer Anzeige.

Der Anlaufstrom in einer Elektronenröhre (Diode) folgt als Funktion der Anodenspannung über viele Größenordnungen einem Exponentialgesetz. Man kann daher nach diesem Prinzip einen einfachen, logarithmisch anzeigenden Strommesser konstruieren. Die beschriebenen Geräte weisen einen Meßbereich von 10^{-11} bzw. 10^{-12} bis 10^{-6} Ampere auf, der ohne Umschalten überstrichen werden kann. Läßt man eine Krümmung der Eichkurve zu, so reicht der Meßbereich von 10^{-13} bis 10^{-4} Ampere. Eine Brückenschaltung mit zwei Dioden sichert gute Konstanz des Nullpunktes und ermöglicht, außer den einfachen Strommessungen die Bildung des Quotienten zweier Ströme. Für die Anwendung wurden Beispiele gegeben.

O. Vierling und F. Hofmann (Bamberg): Über Verbesserungen am Ranque-Wirbelrohr (Vorgetragen von F. Hofmann).

Das Ranque-Wirbelrohr ist eine Einrichtung, die mit Hilfe einer Drehströmung einen Gasstrom in einen Kaltgas- und in einen Warmgasanteil aufteilt. Es gibt Gleich- und Gegenstromwirbelrohre, wovon nur das Gegenstromwirbelrohr einige Bedeutung erlangte.

Durch eine Düse an dem einen Ende des Rohres strömt das Gas tangential ein und gerät dadurch in Rotation. Durch eine dicht an der Einströmdüse angebrachte Blende mit einer kleinen zentrischen Bohrung, die das Rohr an diesem Ende abschließt, tritt der Kaltgasanteil aus, am anderen Ende des Rohres, das mindestens 25 Rohrdurchmesser lang sein soll, der Warmgasanteil. Dieser kann mit Hilfe eines Drosselventils geregelt werden. Durch entsprechende Einstellung des Drosselventils kann man eine stärkere Erwärmung des Warmgases oder eine stärkere Abkühlung des Kaltgases erreichen.

Für den Wirkungsgrad ist eine saubere Drehströmung entscheidend. Es wurden deshalb jetzt als Einströmdüsen gleichmäßig über den Umfang des Rohres verteilte, tangential einmündende, gefräste Schlitze verwendet. Der Wirkungsgrad wurde dadurch um das 2,3-fache gegenüber den bisherigen Konstruktionen verbessert. Die Aufgabe war, einen Kaltluftherzeuger für dentale Zwecke zur Lokalanästhesie zu schaffen. Die austretende Kaltluft rotiert noch beim Austritt und vermischt sich infolgedessen sofort mit der umgebenden Luft. Die Strömungsgeschwindigkeit ist ebenfalls noch zu hoch. Das Kaltluftrohr wurde deshalb konisch erweitert und mit einem Leitblech versehen, das die Drehströmung unterdrückt. Es ergab sich damit ein gleichmäßiger Kaltluftstrom, der Zähne in einer halben Minute auf $+4^{\circ}$ abkühlt. Das Warmgas kann dann als Heißluft von 80°C ebenfalls Verwendung finden.

Wenn auch der Wirkungsgrad eines Wirbelrohres nur $1/40$ einer gewöhnlichen Kompressionskältemaschine ist, ist die Anwendung hier sinnvoll, da die erforderliche Preßluft durch den schon vorhandenen Zahnarztkompressor geliefert wird.

(Redaktionsschluß am 23. Juni 1953)